УДК 621:658.345

В.Г. ЛЕБЕДЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЗАПЫЛЕННОСТИ В РАБОЧЕЙ ЗОНЕ ДРОБЕМЕТНЫХ КАМЕР

Описана модель процесса снижения загрязнения воздушной среды. Приведена методика и даны результаты экспериментальных исследований эффективности процесса очистки воздуха для дробеметной камеры.
Ключевые слова: *дробеметная камера, эффективность очистки, низконапорное орошение.*

Введение. Особое место в комплексе задач охраны труда принадлежит обеспечению комфортных условий труда в производственных помещениях и на территориях промышленных площадок, включающему снижение концентрации загрязняющих веществ. Из всех видов примесей, загрязняющих воздушную среду, весьма значимая доля принадлежит пылевым частицам. Наибольшую опасность при этом представляют мелкодисперсные частицы пыли, размеры которых не превышают 50 мкм.

Значительный вклад в загрязнение воздушной среды пылевыми аэрозолями вносят дробеметные и дробеструйные камеры, образующие и выделяющие в производственную среду мелкодисперсные пылевые аэрозоли, частицы которых способны находиться в воздухе длительное время, и представляющие собой большую опасность для здоровья операторов.

Постановка задачи. Для поддержания параметров воздуха рабочей камеры в соответствии с нормируемыми используют различные системы вентиляции, эффективность которых обусловливается рациональной организацией процессов улавливания и удаления пылевого аэрозоля непосредственно из зон его образования. Наиболее приемлемой для выбора типа устройств улавливания и очистки, а также рационального выбора их рабочих параметров является методика, разработанная и апробированная для других технологий снижения загрязнения воздуха авторами работ [1,2]. Основным критерием в этой методике выступает эффективность снижения загрязнения воздуха. Для реализации процесса очистки воздуха от пыли для вышеуказанного оборудования предназначена схема, изображенная на рис.1.

Реализация процесса снижения загрязнения воздуха дробеметной камеры предполагает последовательную организацию трех основных этапов: улавливание загрязняющих веществ, очистку воздуха от них и рассеивание остаточного количества загрязняющих веществ в воздушной среде. Основой реализации этого процесса является разрушение пылевого аэрозоля как дисперсной системы с целью его дальнейшего удаления из рабочей камеры. Блок-схема физической модели процесса снижения загрязнения воздушной среды для дробеметной камеры, иллюстрирующая взаимосвязь перечисленных выше основных этапов реализации процесса, представлена на рис.2.

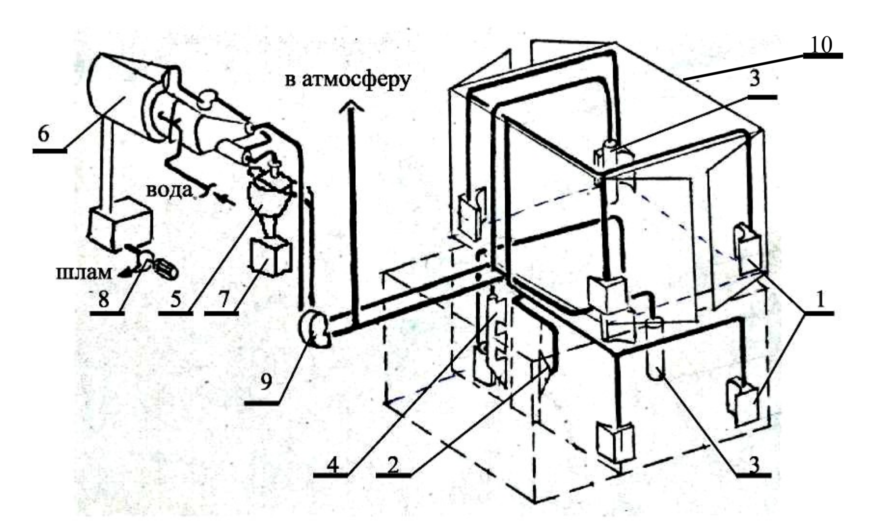


Рис.1. Технологическая схема системы борьбы с пылью дробеметной камеры: 1 - щелевой нагнетающий насадок; 2 - вихревой нагнетающий насадок; 3 - всасывающий насадок;, 4 - дифференцированный всасывающий насадок; 5 - первая ступень очистки (шаровой циклон); 6 - вторая ступень очистки (устройство «ОТПО-1»); 7- бункер-пылесборник; 8 - дренажный насос; 9 – вентилятор; 10 - рабочая камера

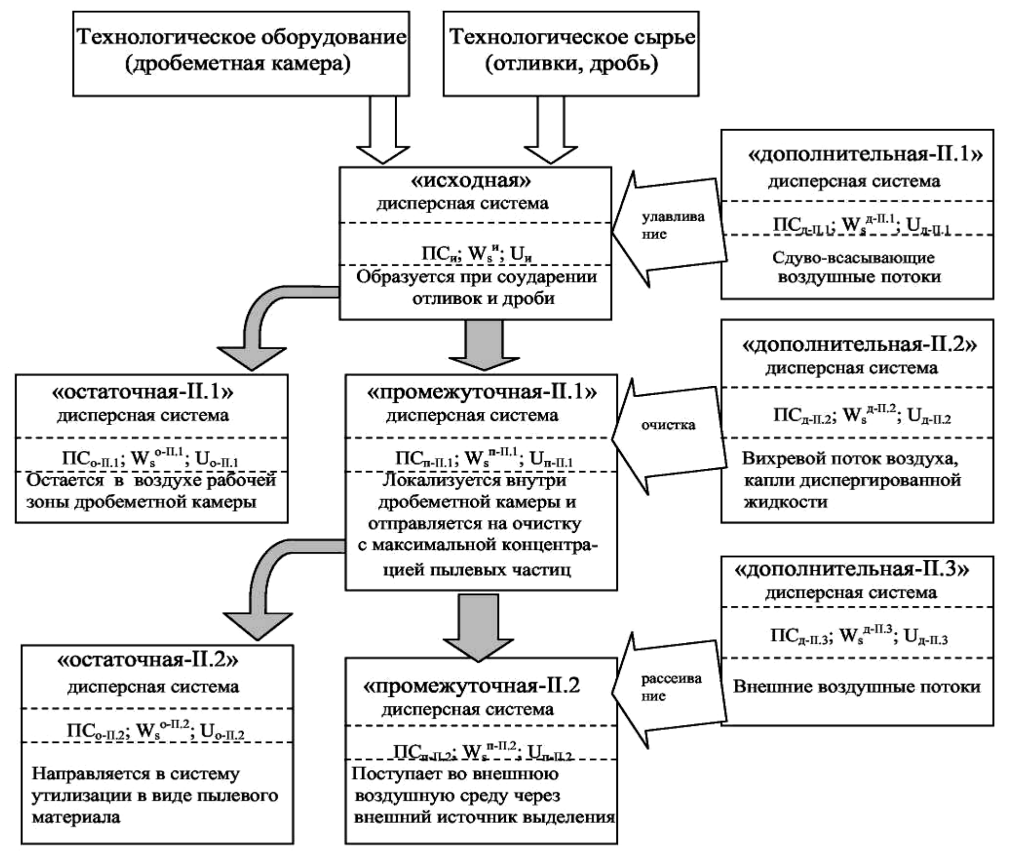


Рис. 2. Блок-схема физической модели процесса снижения загрязнения воздушной среды для дробеметной камеры

Первый этап - улавливание загрязняющих веществ с позиций теории дисперсных систем, сводится к созданию «дополнительной -II.l» дисперсной системы с определенными свойствами (ПС$^{д\text{-}II.1}$). Принудительное воздействие «дополнительной -II.l» дисперсной системы на «исходную» дисперсную систему (пылевой аэрозоль в зоне источника его выделения) позволяет разрушить последнюю. При этом образуются «промежуточная-II.1» дисперсная система, имеющая максимально сконцентрированную дисперсную фазу, изолированную от окружающей среды и предназначенную для транспортировки в зону ее дальнейшего разрушения – на очистку, и «остаточная-II.1» дисперсная система с концентрацией загрязняющих веществ ниже значения ПДК, которая остается в воздухе рабочей камеры.

Второй этап – очистка воздуха от загрязняющих веществ, предполагает предварительное создание "дополнительной-II.2" дисперсной системы с такими свойствами (ПС$^{д\text{-}II.2}$), которые обеспечивали бы максимально возможное разрушение "промежуточной-II.1" дисперсной системы за счет разделения ее дисперсной фазы и дисперсионной среды (твердых частиц и воздуха). В результате такого воздействия образуются две дисперсные системы: "остаточная-II.2" и "промежуточная-II.2". При этом "остаточная-II.2" представляет собой выделенную из аэрозоля дисперсную фазу, которая должна направляться в систему утилизации. "Промежуточная-II.2" дисперсная система представляет собой загрязняющие вещества, беспрепятственно прошедшие зону очистки, поступающие в воздушную среду через внешний источник выделения (выхлопную трубу вентиляционной системы рабочей камеры).

Третий этап – рассеивание загрязняющих веществ, заключается в приготовлении "дополнительной-II.3" дисперсной системы с такими свойствами (ПС$^{д\text{-}II.3}$), которые смогли бы обеспечить интенсивное удаление друг от друга частиц загрязняющего вещества, выбрасываемых в воздушную среду, а также их ускоренное выпадение из воздуха на заранее отведенных территориях. В результате такого воздействия образуются две дисперсные системы: "остаточная-II.3" и "остаточная-II.4". При этом "остаточная-II.3" дисперсная система за счет принудительного воздействия на нее стремится к разрушению в приземном слое атмосферы, а "остаточная-II.4" дисперсная система остается витающей в воздушной среде и, в конечном счете, формирует остаточную концентрацию загрязняющих веществ в воздушном бассейне территории предприятия.

На участке использования дробеметной камеры система снижения загрязнения воздушной среды (ССЗВС) должна включать два этапа: улавливание и очистку. Каждый этап может быть реализован различными методами (аэродинамическим, гидродинамическим, механическим, электромагнитным, оптическим и другими), которые определяются физической сущностью направленных на загрязняющий аэрозоль внешних воздействий.

В результате анализа свойств загрязняющих веществ, выделяющихся при обработке отливок дробью, установлено, что тонкодисперсные частицы пыли горелой формовочной смеси и окалины обладают достаточно значимыми аэродинамическими параметрами. Именно поэтому целесообразно организовать их улавливание во внутреннем объеме дробеметной камеры аэродинамическим методом. При аэродинамическом улавливании в качестве внешних воздействий (дополнительных дисперсных систем) выступают воздушные потоки.

На основе оценки возможности применения различных технологий очистки воздуха, выбрасываемого в атмосферу, от пылевого аэрозоля дро-

беметной камеры для дальнейшего анализа отобраны следующие технологии, основанные на реализации аэродинамического и гидродинамического методов:

– вихревыми воздушными потоками в циклонном аппарате;
– низконапорным орошением (давление орошающей жидкости перед соплом оросителя составляет 0,2-2,0 МПа);
– высоконапорным орошением (давление орошающей жидкости перед соплом оросителя составляет 7,2-15,0 МПа).

Из перечисленных выше основных технологий очистки воздуха от пылевого аэрозоля дробеметной камеры наиболее приемлемыми по технологическим требованиям, безопасной эксплуатации, простоты технологической схемы и удобства обслуживания для условий участков обработки отливок являются вихревая аэродинамическая очистка и очистка низконапорным орошением.

Авторами работ [1,2] предложено оценивать эффективность гидродинамического метода очистки низконапорным орошением при эксплуатации дробеметной камеры по следующей зависимости:

$$E^{ГД}_{эф(оч)} = 1 - \quad 1 - 0.67 \quad \frac{3.6\,B}{\mu_{в} \quad V_{к} \quad D_{к} \quad D_{ч}^{2}} \quad ^{1,5}$$

$$- \quad 1 \quad 0,032 \quad q \quad \sqrt{\frac{D_{к} \quad \rho_{ж}}{Q_{н} \quad D_{ч} \quad \mu_{в} \quad V_{к}}} \qquad (1)$$

$$- \quad 1 \quad \frac{\rho_{ч} \quad D_{ч}^{2} \quad V_{к}}{18 + \mu_{в} \quad D_{к} \quad \left(stk \quad 10^{n_1}\right)} \qquad \frac{\cos\Theta}{\cos\Theta \; + \; 10^{-n_1}},$$

где B – константа межмолекулярного взаимодействия с учётом эффекта электромагнитного запаздывания, Дж·м^2; q – удельная электрозаряженность жидкостного аэрозоля, Кл/кг; $D_к$ – средний размер капель жидкости, м; $V_к$ – средняя скорость капли жидкости с учётом режима распространения жидкостного аэрозоля, влияния скорости внешних аэродинамических потоков и физико-химических свойств поверхностного слоя капель жидкости, м/с; $\rho_ж$ – плотность диспергируемой жидкости, кг/м^3; $Q_н$ – расход орошающей жидкости в активной зоне очистки, кг/с; Θ – динамический краевой угол смачивания, град; n_1 – коэффициент, учитывающий взаимное направление движения частиц пыли и капель диспергированной жидкости в активной зоне очистки.

Описание эксперимента. Практическая проверка результатов теоретических исследований легла в основу проведения промышленных экспериментов в реальных производственных условиях на базе дробеметной камеры модели ОМ-9981-070 литейного цеха ОАО «Роствертол».

В качестве контрольно-измерительной аппаратуры в экспериментальных исследованиях использовали дифференциальный манометр ММН-6, электронные аналитические весы 2-го класса точности WA-33, электронный секундомер Т-100, амперметр, вольтметр, манометры водяные, термометры водяные, электроаспиратор модели 822, аллонжи, фильтры АФА-10.

Методика эксперимента. Экспериментальные исследования включали два этапа: предварительный и основной. Целью предварительного этапа

экспериментов являлось определение аэродинамических и гидродинамических характеристик системы очистки воздуха:

1) по воздуху:

- варьируемые параметры: расход воздуха, создаваемый вентилятором во всасывающей и нагнетающей ветвях системы;
- измеряемые параметры: полное аэродинамическое давление $H_п$ (Па) в сечениях всасывающих и нагнетающих насадков, а также в точках воздуховодов до и после каждой камеры ступени очистки;
- расчетные параметры: скорость воздушного потока $V_в$ (м/с) в выбранных точках замеров; потери напора в системе ΔH (Па);

2) по воде:

- варьируемые параметры: давление, создаваемое насосом; угол наклона оросителей к центральной оси устройства очистки; объем рабочей жидкости в баке приготовления воды;
- измеряемые параметры: угол раскрытия факела орошения в активной зоне очистки α (град); длина активной зоны факела орошения l (м).

Целью основного этапа экспериментальных исследований являлось определение значений эффективности процесса очистки в соответствующих диапазонах изменения варьируемых параметров.

Измеряемые результирующие параметры:

- концентрация пылевого аэрозоля в воздухе рабочей зоны оператора дробеметной камеры;
- концентрация пылевого аэрозоля в воздуховоде перед первой ступенью очистки;
- концентрация пылевого аэрозоля в воздуховоде после первой ступени очистки;
- концентрация пылевого аэрозоля в воздуховоде после второй ступени очистки.

Рассчитываемый результирующий параметр по зависимости (1):

- эффективность очистки $E_{эф(оч)}$ (%) воздушного потока от пылевого аэрозоля.

Результаты экспериментального определения эффективности очистки представлены графически (рис.3).

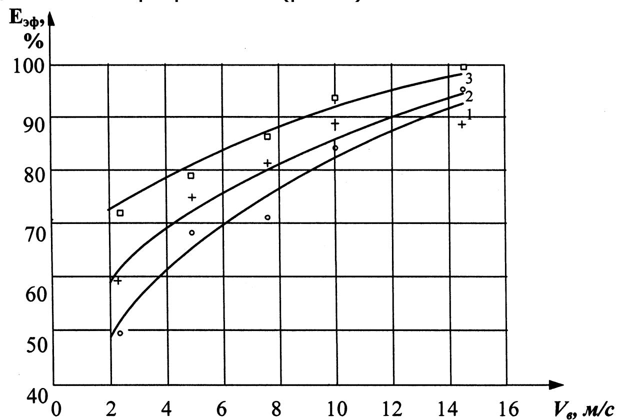


Рис. 3. Эффективность очистки (эксперимент):
1 – при давлении орошающей жидкости $H_ж$ = 0,2 МПа;
2 – при давлении орошающей жидкости $H_ж$ = 0,4 МПа;

0 2 4 6 8 10 12 14 16 Vв, м/с

3 – при давлении орошающей жидкости $H_ж$ = 0,6 МПа

Выводы. На основе анализа физической модели процесса снижения загрязнения воздушной среды для дробеметной камеры можно предложить структуру специальной инженерно-экологической системы, в которой на пылевые частицы будут последовательно и целенаправленно оказываться соответствующие внешние воздействия. Анализ основных характеристик объектов (загрязняющий аэрозоль, пылеобразующий материал, технологическое сырье), участвующих в процессе загрязнения воздушной среды, позволяет предложить схему последовательного перевода загрязняющих веществ как дисперсной системы из одного качественного состояния в другое с целью снижения концентрации последних до значений, не превышающих ПДК.

Учитывая изложенное выше, можно предложить оборудовать помещения камер для обработки дробью на предприятиях машиностроения механической приточно-вытяжной вентиляцией, назначением которой будут являться реализация аэродинамического улавливания частиц пылевого аэрозоля вихревыми сдуво-всасывающими воздушными потоками и дальнейшая очистка уловленного аэрозоля вихревым аэродинамическим методом и низконапорным орошением.

Библиографический список

1. Беспалов В.И. Моделирование и проектирование систем борьбы с промышленной пылью: сб. науч. тр. «Обеспыливание при проектировании, строительстве и реконструкции промышленных предприятий» / В.И. Беспалов, В.П.Журавлев. – Ростов н/Д: Изд-во РИСИ, 1989. – 154 с.
2. Журавлев В.П. Системный подход к решению проблемы обеспыливания воздуха в промышленности: сб. науч. тр. «Борьба с пылью в строительстве и промышленности» /В.П.Журавлев, В.И.Беспалов. – Ростов н/Д: Изд-во РИСИ, 1989. – С. 64.

Материал поступил в редакцию 20.10.08.

V.G.LEBEDENKO

RESEARCH OF EFFICIENCY OF DECREASE{REDUCTION} OF THE DUST CONTENT IN WORKING ZONE OF JETFRACTION CHAMBERS

The model of process of decrease of pollution of the air environment, and also technique and results of experimental researches of efficiency of process of clearing of air for jetfraction chambers is resulted.

ЛЕБЕДЕНКО Вячеслав Георгиевич (р.1975), ассистент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды» Донского государственного технического университета. Окончил ДГТУ (1998) по специальности «Технология машиностроения». Занимается исследованием про-

цесса обработки дробью с учетом обеспечения безопасных условий труда оператора.
Опубликовано более 20 научных статей.